

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-272033

(43)Date of publication of application : 20.09.2002

(51)Int.Cl.

H02K 1/27

H02K 21/14

(21)Application number : 2001-069869

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 13.03.2001

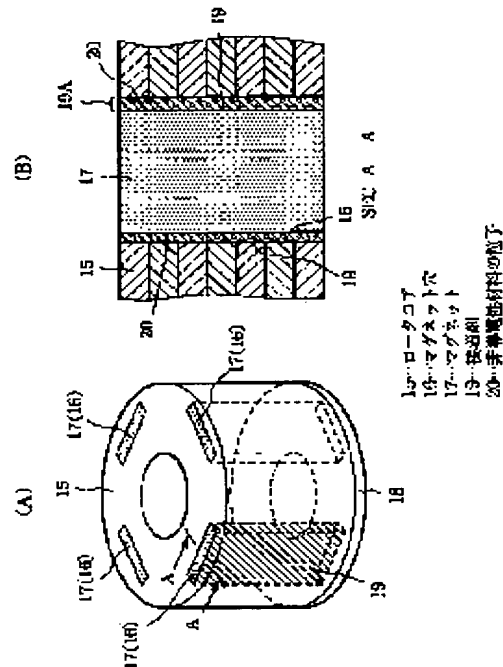
(72)Inventor : OWADA MASARU

(54) ROTOR OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR AND MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To surely secure insulation of magnets, when they are incorporated in a rotor core, while dispensing with subjecting the magnet themselves to an insulation film forming treatment.

SOLUTION: Magnets 17 are inserted into magnet holes 16, formed beforehand in a rotor core 15, with an adhesive 19 having a base material of epoxy resin, silicone resin, etc., between and bonded and fixed to the magnet holes 16. Non-conductive material particles 20, such as glass beads, ceramic particles, etc., whose particle diameters are at least two times the maximum height among values obtained by a surface roughness measurement of the surfaces of the magnets, are mixed beforehand in the adhesive 19, so that the thickness of the adhesive layer is not smaller than the particle diameter of the mixed particle 20.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-272033
(P2002-272033A)

(43) 公開日 平成14年9月20日 (2002.9.20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル* (参考)
H 0 2 K 1/27	5 0 1	H 0 2 K 1/27	5 0 1 G 5 H 6 2 1
			5 0 1 K 5 H 6 2 2
21/14		21/14	M

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-69869 (P2001-69869)

(22) 出願日 平成13年3月13日 (2001.3.13)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 大和田 優

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(74) 代理人 100062199

弁理士 志賀 富士弥 (外3名)

Fターム(参考) 5H621 BB07 GA04 HH01 JK01

5H622 CA02 CA07 CA10 CA13 CB03

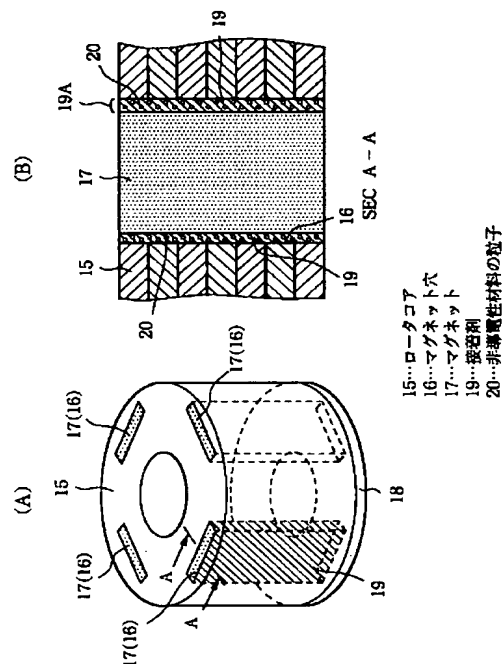
PP07 PP10 PP11 PP19 QA01

(54) 【発明の名称】 永久磁石式同期モータのロータとその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 マグネット単体での絶縁皮膜処理を不要とする一方で、ロータコアに組み込まれた時の絶縁性を確実に確保する。

【解決手段】 ロータコア15に予め形成されたマグネット穴16に、エポキシ樹脂やシリコン樹脂を基材とする接着剤19を介してマグネット17を挿入し接着固定する。接着剤19には、少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径の非導電性材料の粒子20として例えばガラスビーズやセラミックス粒子を予め混合しておき、上記接着剤層が混合粒子20の粒径以下とならないようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 鋼板を積層してなるロータコアと、ロータコアにその軸心方向に沿って埋設される複数のマグネットと、各マグネットとロータコアとの隙間に充填される樹脂材料とから構成される永久磁石式同期モータのロータにおいて、樹脂材料に少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの 2 倍以上の粒径の非導電性の粒子を混合したことを特徴とする永久磁石式同期モータのロータ。

【請求項 2】 上記各マグネットはロータコアの軸心方向において複数のマグネット素片に分割されていて、このマグネット素片同士の接合面に、少なくともそのマグネット素片接合面の表面粗さ測定における最大高さの 2 倍以上の粒径の非導電性の粒子を混合した樹脂材料を充填したことを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石式同期モータのロータ。

【請求項 3】 上記樹脂材料に、少なくともマグネット表面もしくはマグネット素片接合面の表面粗さ測定における最大高さの 2 倍以上の粒径の非導電性の粒子のほか、この非導電性の粒子の粒径よりも細い高熱伝導率材料のフィラーを混合したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の永久磁石式同期モータのロータ。

【請求項 4】 上記樹脂材料に、少なくともマグネット表面もしくはマグネット素片接合面の表面粗さ測定における最大高さの 2 倍以上の粒径の非導電性の粒子のほか、この非導電性の粒子の粒径よりも細い高透磁率材料のフィラーを混合したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の永久磁石式同期モータのロータ。

【請求項 5】 鋼板を積層してなるロータコアにその軸心方向に沿って複数のマグネット穴を予め形成し、その各マグネット穴にマグネットとともに少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの 2 倍以上の粒径の非導電性の粒子を混合した樹脂材料を充填してマグネットを接着固定するようにした永久磁石式同期モータのロータの製造方法であって、樹脂材料を充填した後にロータコアに回転を加えて、その遠心力によりマグネットをロータコアの円筒外周面寄りの位置に変位させることを特徴とする永久磁石式同期モータのロータの製造方法。

【請求項 6】 鋼板を積層してなるロータコアにその軸心方向に沿って複数のマグネット穴を予め形成し、その各マグネット穴にマグネットとともに少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの 2 倍以上の粒径の非導電性の粒子を混合した樹脂材料を充填してマグネットを接着固定するようにした永久磁石式同期モータのロータの製造方法であって、

上記ロータコアを内挿可能な円筒面を有する治具について、その円筒面のうちロータコア側のマグネット穴に対応する位置に該マグネット穴に挿入されるべきマグネッ

トの外周面側の磁極と反対の極性を内周面にもつ吸引マグネットを配置しておき、

上記治具の円筒面にロータコアを挿入した状態でそのロータコアのマグネット穴にマグネットを樹脂材料とともに挿入し、

上記吸引マグネットの吸引力によりマグネットをロータコアの円筒外周面寄りの位置に変位させることを特徴とする永久磁石式同期モータのロータの製造方法。

【請求項 7】 鋼板を積層してなるロータコアにその軸心方向に沿って複数のマグネット穴を予め形成し、その各マグネット穴にマグネットとともに少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの 2 倍以上の粒径の非導電性の粒子を混合した樹脂材料を充填してマグネットを接着固定するようにした永久磁石式同期モータのロータの製造方法であって、

上記ロータコアを内挿可能で且つロータコア側のマグネット穴に対応する位置に突極を有する磁性材料製の環状の治具について、その突極にコイルを巻き付けることにより電磁石とし、

上記治具内にロータコアを挿入した状態でそのロータコアのマグネット穴にマグネットを樹脂材料とともに挿入し、

この状態で上記電磁石に通電することによりマグネットをロータコアの円筒外周面寄りの位置に変位させることを特徴とする永久磁石式同期モータのロータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、産業機器や自動車の動力源として使用される電動機、特にロータに永久磁石を内蔵した永久磁石式同期モータのロータとその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の永久磁石式同期モータのロータとしては、例えば特開 2000-324736 公報に記載されたものがある。このロータは、鋼板積層体よりなるロータコアにマグネットが内蔵されていて、ステータからの交番磁界中で動作することでマグネット内部に渦電流を生じ、もってモータの効率の低下を防止するようにしたもので、より具体的には、一極のマグネットを複数に分割し、さらにその表面に絶縁体を設けることで、マグネット内部の渦電流を小さく分割して損失を低減するものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の永久磁石式同期モータのロータにあっては、マグネット表面に絶縁皮膜を施すために、絶縁テープをマグネットに巻き付けたり、あるいは絶縁樹脂を塗布したりする工程が必要となる。また、上記のようにマグネット分割数を増加させた方が損失は減少するが、分割

数が増加する分だけ絶縁処理のための工数が増大し、コストアップを招くことになる。

【0004】また、マグネットを分割して絶縁層を設けた場合に、絶縁層の厚みに相当する体積だけ相対的にマグネットの体積は減少することになり、ロータから生じる磁束量が減少するため、モータ体格の割に出力が得られないという問題も発生する。

【0005】本発明は、このような従来の問題点に着目してなされたもので、とりわけロータコアに内蔵されるマグネットとして予め絶縁処理を施さないものを使用することを前提としつつも、従来と同等もしくはそれ以上のロータ性能が得られるようにしたロータコアとその製造方法を提供しようとするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、鋼板を積層してなるロータコアと、ロータコアにその軸心方向に沿って埋設される複数のマグネットと、各マグネットとロータコアとの隙間に充填される樹脂材料とから構成される永久磁石式同期モータのロータであることを前提として、樹脂材料に少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径の非導電性の粒子を混合したことを特徴としている。

【0007】上記マグネットは、多くの場合にロータコアの円周方向においてその等分位置に配置される。また、上記樹脂材料はマグネットをロータコアに固定するという機能よりして接着性を有するものが使用され、例えばエポキシ樹脂あるいはシリコン樹脂を基材とした接着剤を用いる。同様に、非導電性の粒子としては例えばガラスビーズやセラミックス粒子を用いる。

【0008】したがって、この請求項1に記載の発明では、予め絶縁処理を施していないマグネットが樹脂材料を介してロータコアのマグネット穴の内壁面に接着固定されることになるが、上記のように樹脂材料には非導電性の粒子が混在しているために、上記ロータコアとマグネット穴の内壁面との最小接近距離が非導電性の粒子径以下となることはない。すなわち、上記非導電性の粒子がマグネットとロータコアとの間の絶縁距離を確保する役目をし、予めマグネット表面の絶縁皮膜処理を行わずともロータコアとマグネットとの間の電氣的な導通を防止することができるようになる。

【0009】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明におけるロータ構造を前提として、上記マグネットはロータコアの軸心方向において複数のマグネット素片に分割されていて、このマグネット素片同士の接合面に、少なくともそのマグネット素片接合面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径の非導電性の粒子を混合した樹脂材料を充填したことを特徴としている。

【0010】したがって、この請求項2に記載の発明では、交番磁界中に置かれることになるマグネット内での渦電流を分断するために、一極のマグネットを複数のマ

グネット素片に分割しているものであるが、そのマグネット素片同士の間にも非導電性の粒子が介在することになるために、ロータコアとマグネットとの間の電氣的な絶縁のみならず、同時にマグネット素片同士の電氣的な絶縁も同時に行うことができることになる。

【0011】請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の発明の永久磁石式同期モータのロータ構造を前提として、上記樹脂材料に、少なくともマグネット表面もしくはマグネット素片接合面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径の非導電性の粒子のほか、この非導電性の粒子の粒径よりも細い高熱伝導率材料のフィラーを混合したことを特徴としている。

【0012】ここにいる高熱伝導率材料のフィラーとしては例えばシリカ繊維等を用いる。

【0013】したがって、この請求項3に記載の発明では、樹脂材料中に非導電性の粒子と高熱伝導率材料製のフィラーとが混在することで分割されているマグネット素片間の熱抵抗が小さくなり、マグネット全体の均熱化とマグネットの放熱性向上に寄与できるようになる。

【0014】請求項4に記載の発明は、請求項1または2に記載の発明の永久磁石式同期モータのロータ構造を前提として、上記樹脂材料に、少なくともマグネット表面もしくはマグネット素片接合面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径の非導電性の粒子のほか、この非導電性の粒子の粒径よりも細い高透磁率材料のフィラーを混合したことを特徴としている。

【0015】ここにいる高透磁率材料のフィラーとしては例えばアトマイズ処理されたけい素鉄等のフィラーを用いる。

【0016】したがって、この請求項4に記載の発明では、樹脂材料中に非導電性の粒子と高透磁率材料のフィラーとが混在していることで樹脂材料部分の透磁率が高くなり、モータ性能に向上に寄与することになる。

【0017】請求項5に記載の発明は、鋼板を積層してなるロータコアにその軸心方向に沿って複数のマグネット穴を予め形成し、その各マグネット穴にマグネットとともに少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径の非導電性の粒子を混合した樹脂材料を充填してマグネットを接着固定するようにした永久磁石式同期モータのロータの製造方法であって、樹脂材料を充填した後にロータコアに回転を加えて、その遠心力によりマグネットをロータコアの円筒外周面寄りの位置に変位させることを特徴としている。

【0018】したがって、この請求項5に記載の発明では、樹脂材料が乾燥、硬化しない段階でロータ回転による遠心力を負荷することにより、マグネットがマグネット穴内においてロータコアの外側に押しやられて、どのマグネットもほぼ一定した位置に配置されるようになる。

【0019】請求項6に記載の発明は、鋼板を積層して

10

20

30

40

50

なるロータコアにその軸心方向に沿って複数のマグネット穴を予め形成し、その各マグネット穴に、マグネットとともに少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径の非導電性の粒子を混合した樹脂材料を充填してマグネットを接着固定するようにした永久磁石同期モータのロータの製造方法として、上記ロータコアを内挿可能な円筒面を有する治具を使用することを前提としている。

【0020】そして、上記治具について、その円筒面のうちロータコア側のマグネット穴に対応する位置に該マグネット穴に挿入されるべきマグネットの外周面側の磁極と反対の極性を内周面にもつ吸引マグネットを配置しておき、上記治具の円筒面にロータコアを挿入した状態でそのロータコアのマグネット穴にマグネットを樹脂材料とともに挿入し、上記吸引マグネットの吸引力によりマグネットをロータコアの円筒外周面寄りの位置に変位させることを特徴としている。

【0021】したがって、この請求項6に記載の発明では、上記と同様に樹脂材料が乾燥、硬化しない状態で、各マグネット穴に挿入されたマグネットが治具側の吸引マグネットによってロータコアの外側に引き寄せられるため、どのマグネットもほぼ一定した位置に配置されるようになる。その上、マグネット穴に対してマグネットを挿入する際に、誤って極性の異なるものを挿入した場合にはその挿入しようとしたマグネットに反発力が作用することから、マグネットの誤挿入を防止する上でも有効となる。

【0022】請求項7に記載の発明は、鋼板を積層してなるロータコアにその軸心方向に沿って複数のマグネット穴を予め形成し、その各マグネット穴にマグネットとともに少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径の非導電性の粒子を混合した樹脂材料を充填してマグネットを接着固定するようにした永久磁石同期モータのロータの製造方法として、上記ロータコアを内挿可能で且つロータコア側のマグネット穴に対応する位置に突極を有する磁性材料製の環状の治具を使用することを前提としている。

【0023】そして、上記治具について、その突極にコイルを巻き付けることにより電磁石とし、上記治具内にロータコアを挿入した状態でそのロータコアのマグネット穴にマグネットを樹脂材料とともに挿入し、この状態で上記電磁石に通電することによりマグネットをロータコアの円筒外周面寄りの位置に変位させることを特徴としている。

【0024】したがって、この請求項7に記載の発明では、上記と同様に樹脂材料が乾燥、硬化しない状態で、各マグネット穴に挿入されたマグネットが治具側の電磁石によってロータコアの外側に引き寄せられるため、どのマグネットもほぼ一定した位置に配置されるようになる。

【0025】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、樹脂材料が実質的に接着剤としての機能を発揮すると同時に絶縁皮膜としても機能とし、しかもその樹脂材料中に混在している非導電性の粒子がロータコアとマグネットとの最小離間距離を確保して両者の直接接触を防止することから、マグネットに予め絶縁皮膜処理を施さずしてロータコアとの間の電氣的な導通を確実に防止することが可能となり、コストダウンを図りながら高効率のモータが得られる効果がある。

【0026】請求項2に記載の発明によれば、ロータコアとマグネットとの間の電氣的な絶縁のみならず分割されたマグネット素片間の電氣的な絶縁をも確実に確保することができるので、マグネットの無用な温度上昇やモータの効率低下を未然に防止できるほか、マグネット素片相互の接着層の厚みが均一となることでその接着層のばらつきの累積によるマグネットの全長寸法のばらつきが解消されて、複数のマグネット素片からなる各マグネットの寸法精度が向上し、マグネットの体積を大きくすることが可能となることで、マグネットの分割化による出力低下を抑制することが可能となる。

【0027】請求項3に記載の発明によれば、樹脂材料中に非導電性の粒子以外に高熱伝導率材料のフィラーが混在していることで、特に分割されたマグネット素片同士間の熱抵抗が小さくなることでマグネット全体の均熱化が図れると同時に、ロータコアとの間の熱抵抗も減少することでマグネットの放熱性能が向上し、モータ出力持続時間を長くすることができる利点がある。

【0028】請求項4に記載の発明によれば、樹脂材料中に非導電性の粒子以外に高透磁率材料のフィラーが混在していることで、特に樹脂層部分の透磁率が向上し、モータ出力が向上するという効果がある。

【0029】請求項5に記載の発明によれば、樹脂材料を乾燥させない状態でロータコアを回転させて遠心力を負荷することで、マグネットの位置が各極とも略一定した位置となることから、モータ出力性能が安定化するとともに、コギングトルクの低減にも有効に作用するようになる。

【0030】請求項6に記載の発明によれば、ロータコアの外周に配置される治具のうち、ロータコア側のマグネット外周側に相当する位置に吸引マグネットを配置したことで、ロータコアの一部を構成することになるマグネットがロータコアの外周側に吸引されるために、各マグネット位置のバラツキが低減されると同時に、誤って極性の異なるマグネットを挿入しようとしても、その挿入しようとするマグネットに反発力が作用するためにマグネットの誤挿入を認識でき、マグネットの挿入ミスも未然に防止することが可能となる。

【0031】請求項7に記載の発明によれば、ロータ外周のマグネット位置に相当する位置に突極を有する治具

10

20

30

40

50

を配置するとともに、その突極にコイルを巻き付けて電磁石とし、この電磁石の吸引力によりロータコア側のマグネットを吸引するようにしたので、マグネットがマグネット穴の外周側に吸引されて各極のマグネット位置が一定となり、モータ出力性能を安定させることが可能となる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、この発明の好ましい実施の形態を図面に基つて説明する。

【0033】図1～6は本発明の第1の実施の形態を示す図で、請求項1に記載の発明に対応している。

【0034】図1、2は電気自動車の走行用動力源として用いられる永久磁石式同期モータ（以下、単にモータという）の例を示し、電気自動車等に用いられるモータ1は減速機2と連結された状態で車体Bのエンジンルーム（動力源搭載スペース）3内に搭載されている。エンジンルーム3内には車体骨格部材からメンバー部材4が設けられ、そのメンバー部材4に取り付けられたマウントブラケット5と、モータケース6に設けられたモータブラケット7とが、弾性体から構成されるマウント8を介して互いに連結されることで支持されている。

【0035】モータ1から発生した動力は減速機2を介して車輪に伝達される。この減速機2はモータケース6と一体構造になっており、モータケース6側と同様にマウントブラケット9やマウント10および図示外のメンバー部材を介して車体骨格部材と結合されている。

【0036】図3には上記モータ1単体での詳細を示している。モータ1は大きく分けて、モータケース6に固定されたステータ11と、ステータ11の内周に図示しないロータベアリング等を介して回転自在に配置されたロータ12のほか、モータケース6の両端開口部を塞ぎ且つロータベアリングを保持するブラケット13とから構成される。

【0037】ロータ12はブラケット13に設けられたベアリングにより回転自在に支持されていて、ステータ11により生じた電磁力の反力をもとに回転して、その回転動力を減速機2を介して車輪に伝達している。永久磁石式の同期モータの場合、ロータ12は図4にも示すようにその中心を貫通しているシャフト14と、ステータ11と略一致した軸方向位置で、なおかつステータ11の内径との間にわずかなギャップを持たせるような外径寸法の鉄心であるロータコア15とを備えていて、後述するようにロータコア15は薄板状の電磁鋼板等の積層体をもって形成されている。

【0038】図4に上記ロータ12の詳細を示す。薄板鋼板の積層体からなる円筒状のロータコア15には、その円筒外周面に近い部分に円周方向に沿って複数のスリット状のマグネット穴16が形成されており、これらの各マグネット穴16はロータコア15の軸心方向に貫通している。各マグネット穴16にはその穴形状よりまわ

ずかに小さな略偏平矩形状のマグネット17が挿入されて接着剤にて接着固定されている。また、ロータコア15の中心部分には軸穴が設けられており、その軸穴部分にシャフト14が嵌合されているとともに、ロータコア15の両側部には各マグネット17からの磁束の漏れを最小限にするために非磁性材料からなる端板18が設けられ、シャフト14と固定されている。

【0039】図5の（A）、（B）はマグネット17をロータコア15の各マグネット穴16に挿入して接着剤19で固定した状態を示している。マグネット17を固定するための接着剤19はロータコア15に形成されたマグネット穴16の内壁面とマグネット17の間の空間に充填されている。その接着部を拡大した同図（B）に示されているように、マグネット17とロータコア15との断面を見ると、両者の間には接着剤19が満たされ、接着剤19の中には少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径を有する非導電性材料の粒子20が予め混合されている。

【0040】ここで使用される接着剤19は、例えばエポキシ樹脂やシリコン樹脂を基材とするものとし、それに混合される非導電性材料の粒子20としては粒径がほぼ一定した例えばガラスビーズもしくはセラミック粒子を用いる。また、表面粗さ測定における最大高さとは、JISに規定されている表面粗さ測定法における最大高さ R_{max} に相当するものである。

【0041】マグネット17を各マグネット穴16に挿入するには、図6に示すようにロータコア15のマグネット穴16の内面のうち下半分程度に、上記のように少なくともマグネット17の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径を有する非導電性材料の粒子20を予め混合した接着剤19を塗布する。ここで、非導電性材料の粒子20の粒径を表面粗さ測定における最大高さの2倍未満とすると、マグネット穴16とマグネット17の表面のピーク部分が接触して導通する可能性がある。よって、最低でも表面粗さの最大高さの2倍の粒径が必要となる。なお、接着剤19はその樹脂基材と非導電性材料の粒子20とを予め混合容器内で十分に攪拌混合しておくものとする。

【0042】また、マグネット17の下半分の領域表面にも同様の接着剤19を塗布する。その後、マグネット17をマグネット穴16の中に挿入することでマグネット17とロータコア15の間に存在する空間に接着剤19がフルに満たされて、その接着剤19が乾燥するとマグネット17がロータコア15に固定される。

【0043】このようにして、所定数のマグネット17を各マグネット穴16に同様に挿入して、図4に示した端板18をロータコア15の両端部に取り付けることでロータ12が組み立てられる。

【0044】したがって、本実施の形態によれば、接着剤19の中に少なくともマグネット表面の表面粗さ測定

における最大高さの2倍以上の粒径を有する非導電性材料の粒子20が予め混在していることにより、図5に示した接着剤層19Aの厚みが非導電性材料の粒子20の粒径以下となることがなく、したがって各マグネット17の表面に絶縁皮膜などの処理を予め行わずとも、ロータコア15とマグネット17の間に非導電性材料の粒子20が介在することで両者間の絶縁が確実に確保でき、絶縁皮膜処理工程が不要となる。

【0045】図7には本発明の第2の実施の形態を示す。なお、この実施の形態は請求項2に記載の発明に対応している。

【0046】本実施の形態では、表面に絶縁処理を予め施していないマグネット27を予め複数のマグネット素片27a、27a…に分割しておき、そのマグネット素片27a、27a同士を相互に接着するために、上記と同様に表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径を有する非導電性材料の粒子20を混合した接着剤19を使用したものである。

【0047】より詳しくは、各マグネット27は、交番磁界中での動作による渦電流損失を抑制するために一極のマグネット27そのものが複数のマグネット素片27a、27a…に分割される。各マグネット素片27a、27a同士の接合面には、少なくとも、マグネット素片27aの表面望ましくは接合面となるべき領域の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径を有する非導電性材料の粒子20を混合した接着剤19が所定量塗布される。そして、マグネット素片27a、27a同士の接合面を互いに突き合わせて加圧する。なお、接着剤19の塗布量は、加圧した時にマグネット素片27aの側面からはみ出ない程度とすることが好ましい。

【0048】マグネット素片27a、27a同士を加圧すると、それらの間に介在している接着剤19の厚みは徐々に薄くなり、最終的には接着剤19に予め混合されている粒子20がマグネット素片27a、27a同士の間に介在して、接着剤19の膜厚を粒子20の粒径以下にすることができず、結果として接着剤層の膜厚を一定にすることができる。図7の(B)の状態では接着剤19を乾燥させて、複数のマグネット素片27a、27aからなるマグネット27を一体に組み立てる。

【0049】なお、図7から明らかなようにマグネット27が3個以上のマグネット素片27a、27a…に分割されているときには、上記の工程を繰り返して接着するか、加圧工程の前に所要数のマグネット素片27a、27a…を重ねた上で一括して加圧接着接合することも可能である。

【0050】こうして組み立てられたマグネット27は、図8に示すように、先の第1の実施の形態と全く同様にしてロータコア15のマグネット穴16に挿入固定される。すなわち、非導電性材料の粒子20を予め混合した接着剤19を用いて、各マグネット素片27a、2

7a同士の接合面がロータコア15を形成している各々の銅板と平行となるようにマグネット穴16に挿入されて接着固定される。

【0051】この実施の形態によれば、一極のマグネット27が複数のマグネット素片27a、27a…に分割されていて、しかも各マグネット素片27a、27a…に全く絶縁皮膜が設けられていない状態でも、マグネット素片27a、27a相互間の絶縁が確保でき、絶縁皮膜処理工程を省略できるメリットがある。その上、マグネット素片27a、27a同士の固定に非導電性材料の粒子20を混合した接着剤19を用いることで接着剤層の厚さ管理が容易となり、マグネット体積を最大限に大きくすることができることで、マグネット27の発熱による損失を最小限に抑えつつ出力の低下を最小限に抑えることが可能となる。

【0052】図9には本発明の第3の実施の形態を示す。なお、この実施の形態は請求項3に記載の発明に対応している。

【0053】本実施の形態では、図7と同様に表面に予め絶縁皮膜処理を施していないマグネット素片27a、27a同士を接着固定するにあたり、エポキシ樹脂やシリコン樹脂を基材とする接着剤29の中に、少なくともマグネット素片27aの接合面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径を有するセラミックス粒子やガラスビーズ等の非導電性材料の粒子20のほか、前述の粒子20よりも細い繊維からなるシリカなどの高熱伝導率材料のフィラー21を予め混合したものである。もちろん、マグネット素片27a、27a同士を接着固定したことによって形成されるマグネット27は、同じ接着剤29を用いて図8と同様にロータコア15のマグネット穴16に挿入されて接着固定される。

【0054】本実施の形態によれば、ロータ12が実際に使用されると、先にも述べたように交番磁界の中で運動するマグネット27には渦電流が生じ発熱することになる。マグネット27から生じた熱は高熱伝導率材料材料のフィラー21を含んだ接着剤29を介してロータコア15に伝えられることから、マグネット27の放熱がより促進されて、モータ性能を向上させることが可能となる。

【0055】図10には本発明の第4の実施の形態を示す。なお、この実施の形態は請求項4に記載の発明に対応している。

【0056】本実施の形態では、図9と同様に表面に予め絶縁皮膜処理を施していないマグネット素片27a、27a同士を接着固定するにあたり、エポキシ樹脂やシリコン樹脂を基材とする接着剤39の中に、少なくともマグネット素片27aの接合面の表面粗さ測定における最大高さの2倍以上の粒径を有するセラミックス粒子やガラスビーズ等の非導電性材料の粒子20のほか、前述の粒子20よりも細いアトマイズ化されたけい素鉄な

どのような高透磁率材料のフィラー22を予め混合したものである。もちろん、マグネット素片27a、27a同士を接着固定したことによって形成されるマグネット27は、同じ接着剤39を用いて図8と同様にロータコア15のマグネット穴16に挿入されて接着固定される。

【0057】本実施の形態によれば、ロータ12が実際に使用されると、ロータコア15内にはステータから発生した磁界等が通過することになるが、接着剤39にはアトマイズ化されたけい素鉄等のフィラー22が予め混合されていることから、接着剤層39Aそのものの透磁率が向上して、ロータ12自体に磁束が通過しやすくなる。また、けい素鉄自体は導電性があるが、その周囲をエポキシ樹脂等の絶縁性のある基材樹脂で覆われていることで、接着剤層39Aを介してマグネット素片27a、27a同士が導通することがないため、各マグネット素片27a、27a同士は互いに絶縁を確保しつつ、磁束が通過しやすいモータを提供することが可能となる。

【0058】図11には本発明の第5の実施の形態を示す。なお、この実施の形態は請求項5に記載の発明に対応している。

【0059】この実施の形態は、先に述べたような複数のマグネット素片27a、27a…からなるマグネット27の組み立て作業およびロータコア15への挿入接着作業を自動化した設備の一例を示しており、図11から明らかなように、ベース23の上には90度ごとに割り出し回転可能なインデックステーブル24が配置されているほか、そのインデックステーブル24のまわりには、多数のマグネット素片27a、27a…が整列されたマグネットマガジン25と、ハンドリングロボット26および接着剤供給装置28がそれぞれ配置されている。そして、インデックステーブル24にはロータコア15が位置決め固定されている。なお、本実施の形態では、4つの磁極を有するロータコア15で、各極のマグネット27が図7のように長手方向に3分割されている例を示している。

【0060】図11のほか図12の(A)に示すように、ロータコア15が固定されたインデックステーブル24の割り出し回転動作により、いずれかのマグネット穴16が接着剤供給装置28に対応する位置に割り出されると、その接着剤供給装置28のノズル30からマグネット穴16に対して接着剤19が所定量供給される。さらに、インデックステーブル24が90度割り出し回転することにより、次のマグネット穴16にも接着剤19が同様に供給される。もう一度インデックステーブル24が割り出し回転して、最初に接着剤19が供給されたマグネット穴16が元の位置に対して180度位相が進むと、この位置では、同図(B)、(C)に示すようにハンドリングロボット26がマグネットマガジン25

からマグネット素片27aをそのハンド31にて取り出して、最初に接着剤19が供給されたマグネット穴16に対してマグネット素片27aを自重落下させるようにして挿入する。

【0061】このような一連の動作を順次繰り返し、マグネット素片27aが挿入された位置からさらに180度位相が進んだ位置では、既にマグネット穴16内にあるマグネット素片27aの上に接着剤供給装置28によって再度接着剤19が供給される。そして、さらにインデックステーブル24の回転により180度位相が進むと、ハンドリングロボット26によって2段目のマグネット素片27aが同様にしてマグネット穴16内に積み重ねられる。

【0062】最終的にはこれらの一連の動作を順次繰り返すことで、図12の(D)に示すようにロータコア15の各マグネット穴16に対して3個ずつのマグネット素片27aが接着剤19を介して挿入されて図7と同様のマグネット27となる。この後、全てのマグネット素片27a、27aを挿入し終えたロータコア15をインデックステーブル24から取り外して、図4のようにシャフト14および端板18と組み合わせてロータ12とする。その後、このロータ12は、上記接着剤19が乾燥しないうちに速やかに図13に示す回転駆動装置としての旋盤32に供される。

【0063】旋盤32は周知のようにその主軸の先端に例えば外径把持方式のチャック33を有しており、ロータコア15の円筒外周面を把持部として堅固に位置決め固定される。

【0064】ここで、チャック33に把持されたロータ12を回転させると、図14に示すようにロータコア15内に組み込まれたマグネット27には遠心力Fが作用し、マグネット穴16の外周側(ロータコア15の円筒外周面に近い側)に押し付けられる。その一方、接着剤19に予め混合される非導電性材料の粒子20がマグネット27とマグネット穴16の内壁面との間に介在することになるため、マグネット27はロータコア15と直接接触することがなく、予め絶縁皮膜を有していないマグネット27でもロータコア15との接触による渦電流発生を防止することが可能となり、損失の低下を防止することが可能となる。

【0065】こうして、マグネット27とともに充填した接着剤19が乾燥していない状態で遠心力Fを加えた後、ロータ12を旋盤32のチャック33から取り外して電気炉等で接着剤19の強制乾燥を行うことでロータ12が完成する。

【0066】図15には本発明の第6の実施の形態を示す。なお、この実施の形態は請求項6に記載の発明に対応している。

【0067】本実施の形態では、ロータコア15内に組み込んだマグネット27を極力ロータコア15の円筒羽

外周面側に近付ける手段として、上記回転による遠心力に代えて磁石吸引力を発生する円環状の治具 34 を用いるようにしたものである。

【0068】より詳しくは、図 15 に示すように、ロータコア 15 の各マグネット穴 16 には、少なくともマグネット表面の表面粗さ測定における最大高さの 2 倍以上の粒径を有する非導電性材料の粒子を予め混合した接着剤 19 とともにマグネット 27 が挿入されるが、このマグネット 27 の挿入作業はロータコア 15 がヨークとして機能する円環状の治具 34 に内挿された状態（図 15 の状態）で初めて行われる。治具 34 の内周面のうちロータコア 15 のマグネット穴 16 の外周側に相当する位置には、予め着磁された吸引マグネット 35 が配置されている。

【0069】本実施の形態では、最初に治具 34 側の吸引マグネット 35 とロータコア 15 側のマグネット穴 16 との位相を合致させるようにして、マグネット未挿入状態のロータコア 15 を治具 34 の中央部に挿入する。この状態で、予め着磁されたマグネット 27 に非導電性材料の粒子 20 を混合した接着剤 19 を塗布してマグネット穴 16 に挿入する。この場合、マグネット 27 としては先に述べたような複数のマグネット素片 27a、27a 同士を接合したものを用いてもよく、あるいは単独のマグネット素片 27a を挿入しながら上記接着剤 19 の併用によりその都度接合してもよい。

【0070】上記マグネット 27 の挿入に際しては、吸引マグネット 35 の内周面の磁極とロータコア 15 に挿入されるマグネット 27 の外周側の磁極が相反するような極性のものとして挿入されるため、マグネット 27 はマグネット穴 16 に引き込まれるようにして挿入され、挿入された後は、吸引マグネット 35 とマグネット 27 は磁氣的に相互に引き合う力が作用するため、未乾燥状態の接着剤 19 の中に存在するマグネット 27 がロータコア 15 の円筒外周面側に引き寄せられる。その一方、接着剤 19 の中に存在する非導電性材料の粒子 20 がマグネット穴 16 の内壁面とマグネット 27 との間に介在するため、表面に予め絶縁被膜処理を施していない低コストなマグネット 27 でもそのマグネット表面とロータコア 15 が電氣的に導通することではなく、粒子径に相当した距離を有した状態で固定されることになる。そして、上記接着剤 19 の乾燥を待ってロータコア 15 は治具 34 から抜き取られる。

【0071】図 16 には本発明の第 7 の実施の形態を示す。なお、この実施の形態は請求項 7 に記載の発明に対応している。

【0072】本実施の形態では、ロータコア 15 に対するマグネット 27 の挿入に際して使用される治具 36 として、図 15 に示した吸引マグネットタイプの治具 34 に代えて電磁石タイプの治具 36 を用いるようにしたものである。

【0073】図 16 に示すように、ヨークを兼ねた円環状の治具 36 の内周面のうちロータコア 15 のマグネット穴 16 の外周側に相当する位置には突極 37 が形成され、その各突極 37 には磁力を発生させるためのコイル 38 が巻き付けられて個々に電磁石 40 が形成されている。

【0074】したがって、本実施の形態によれば、上記と同様に治具 36 の中央部にロータコア 15 を予め内挿しておき、その状態で、予め着磁したマグネット 27 に接着剤 19 を塗布しながら順次マグネット穴 16 に挿入する。各マグネット穴 16 に所定のマグネット 27 を挿入した後、ロータコア 15 に挿入したマグネット 27 を外側に吸引するように各コイル 38 に直流電流を通電する。具体的には、例えばロータコア 15 に挿入したマグネット 27 の外周側が N 極になる場合には、その外周に位置する突極 37 の表面が S 極になるように電流を通電することになる。この電磁力によりマグネット 27 はロータコア 15 の円筒外周面側に吸引されるが、先の場合と同様に接着剤 19 に予め混合されている非導電性材料の粒子 20 がロータコア 15 側のマグネット穴 16 の内壁面とマグネット 27 との間に介在することで、両者が電氣的に導通することではなく、絶縁被膜処理を施していない低コストなマグネット 27 でも、渦電流の発生を防止できることで、効率の低下を抑制することができるようになる。

【0075】ここで、上記の各実施の形態では、マグネットの表面に予め絶縁被膜処理が施されていない場合を想定しているが、例えば希土類マグネットは腐食による性能低下を防止することを目的としてメッキなどを施すことがあることから、メッキのような導電性のある表面処理が予め施されたマグネットを使用する場合であっても本発明を適用できる。また、複数のマグネット素片からなるマグネットや一体型マグネットで表面に予め絶縁被膜処理を施したマグネットであっても、接着層の厚み寸法を管理しやすくするために本発明の手法を取り入れることが可能であり、その結果として各マグネットの位置のばらつきを抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】走行駆動源として永久磁石式同期モータを搭載した車両の構成説明図。

【図 2】図 1 に示したモータと減速機の詳細を示す拡大説明図。

【図 3】図 2 に示すモータのみの要部拡大説明図。

【図 4】図 3 に示すモータのロータ構造を示す分解斜視図。

【図 5】本発明の第 1 の実施の形態を示す図で、(A) は図 4 に示すロータのロータコアのみの拡大斜視図、

(B) は同図 (A) の A-A 線に沿う拡大断面図。

【図 6】図 5 に示すロータコアの組み立て手順を示す工程説明図。

【図7】本発明の第2の実施の形態として分割型マグネットの詳細を示す説明図。

【図8】図7のマグネットをロータコアに組み込んだ状態を示す説明図。

【図9】本発明の第3の実施の形態を示す図で、マグネット素片同士の接合部の拡大断面図。

【図10】同じく本発明の第4の実施の形態を示す図で、マグネット素片同士の接合部の拡大断面図。

【図11】本発明の第5の実施の形態を示す図で、ロータコア組み立て装置の一例を示す説明図。

【図12】図11に示す装置での組み立て手順を示す工程説明図。

【図13】組み立て完了後のロータに遠心力を付与する際の工程説明図。

【図14】図13の詳細を示す図で、(A)は図13の要部拡大図、(B)は同図(A)の側面説明図。

【図15】本発明の第6の実施の形態としてロータコア組み立て用治具の詳細を示す説明図。

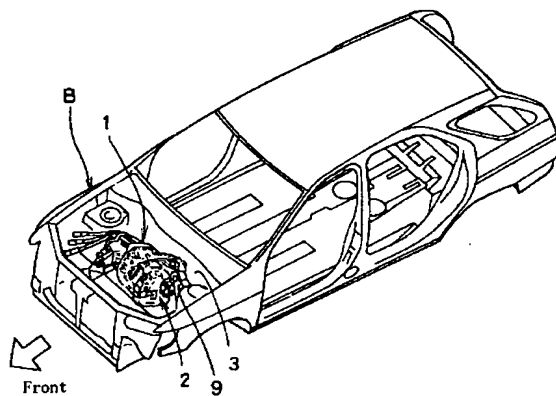
【図16】本発明の第7の実施の形態としてロータコア組み立て用治具の詳細を示す説明図。

*20

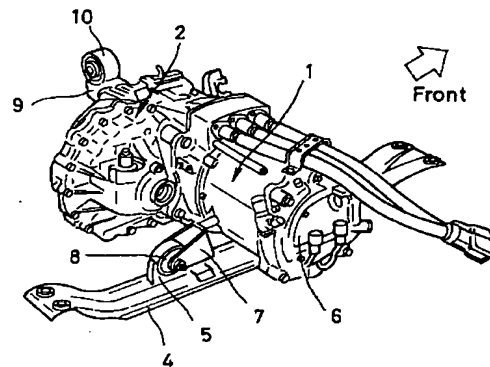
*【符号の説明】

- 12…ロータ
- 15…ロータコア
- 16…マグネット穴
- 17…マグネット
- 19…接着剤（樹脂材料）
- 20…非導電性材料の粒子
- 21…高熱伝導率材料のフィラー
- 22…高透磁率材料のフィラー
- 27…マグネット
- 27a…マグネット素片
- 29…接着剤（樹脂材料）
- 34…治具
- 35…吸引マグネット
- 36…治具
- 37…突極
- 38…コイル
- 39…接着剤（樹脂材料）
- 40…電磁石

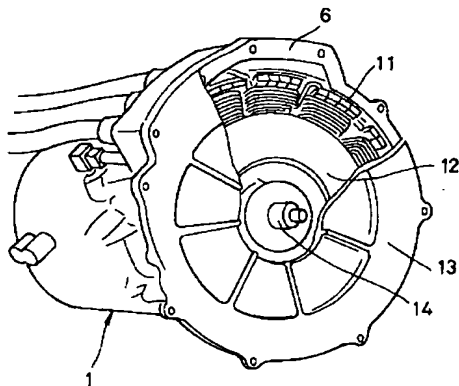
【図1】



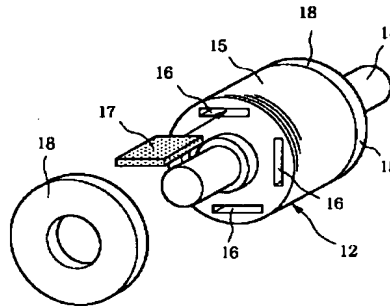
【図2】



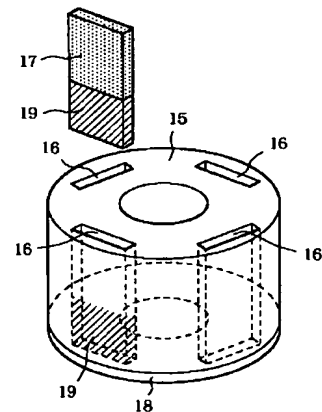
【図3】



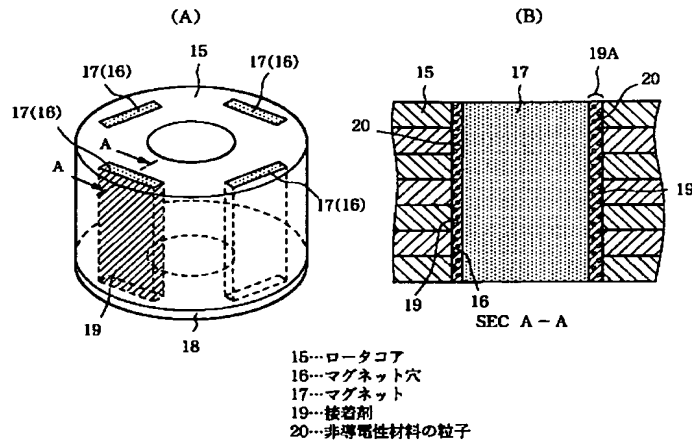
【図4】



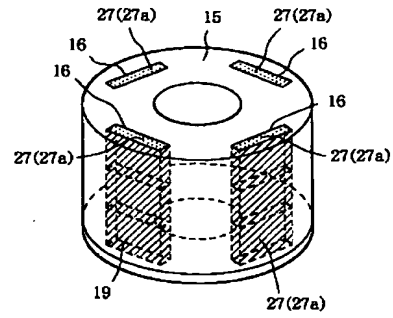
【図6】



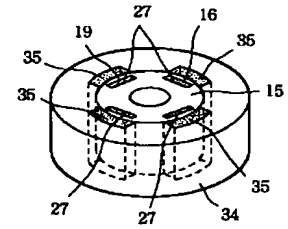
【図5】



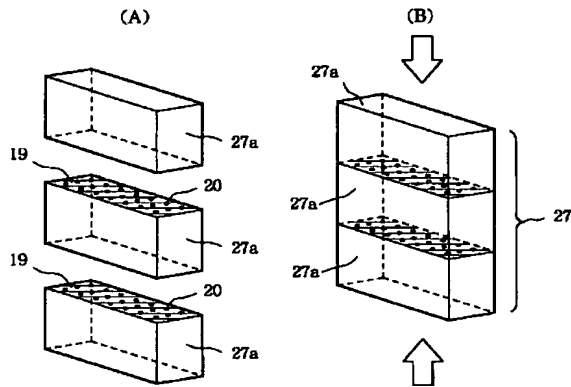
【図8】



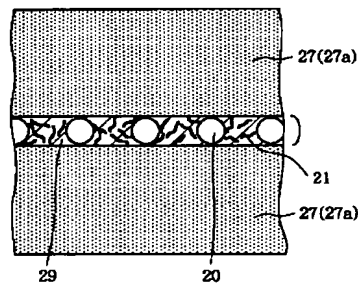
【図15】



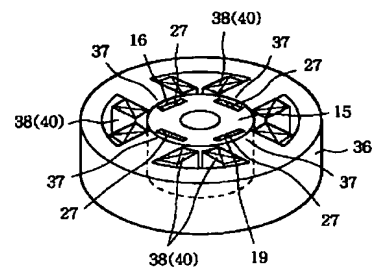
【図7】



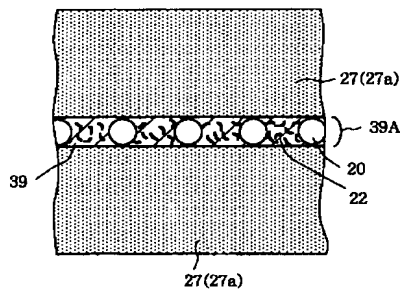
【図9】



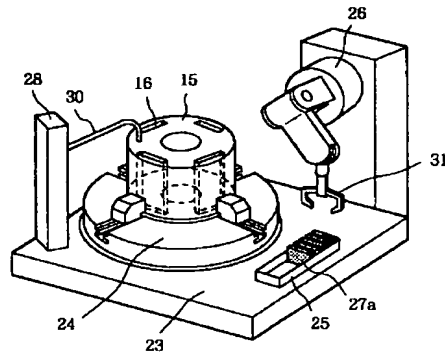
【図16】



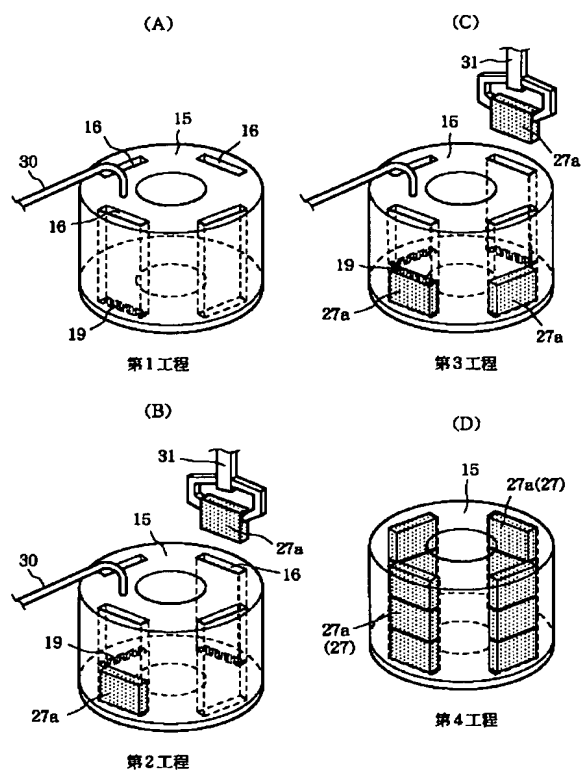
【図10】



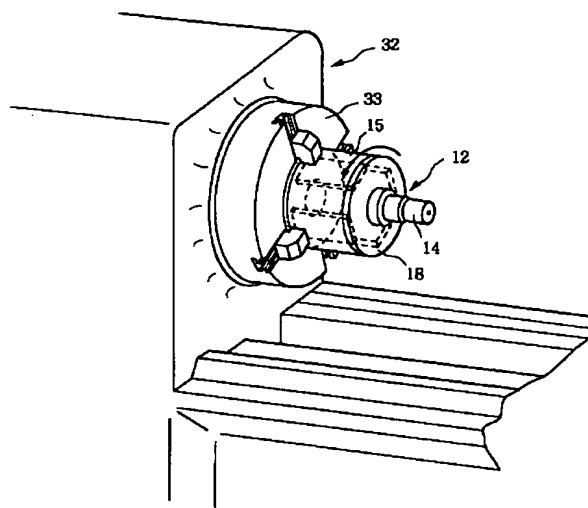
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

